
ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

УДК 628.55**Волошин В. С.¹, Данилова Т. Г.², Елистратова Н. Ю.³**

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТОГО ГОРОДА

Рассмотрен теоретический подход к прогнозированию уровня экологической безопасности территории с помощью балансовой модели экосистемы города. Предложена рабочая методика расчета показателей экологического риска, техноёмкости и техногенной нагрузки на экосистему города.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экосистема города, экологическая ёмкость, техногенная нагрузка, экосистема территории.

Волошин В. С., Данилова Т. Г., Єлістратова Н. Ю. Методика оцінки та моделювання екологічної безпеки екосистем промислово – розвинутого міста. Розглянуто теоретичний підхід до прогнозування рівня екологічної безпеки території за допомогою балансової моделі екосистеми міста. Запропонована методика розрахунку показників екологічного ризику, техноємності та техногенного навантаження екосистем міста.

Ключові слова: екологічна безпека, екосистема міста, екологічна ємність, техногенне навантаження.

V. S. Voloshin, T. G. Danilova, N. Y. Elistratova. Method of describes of model of city's ecosystem the industrially developed city's. The article describes a theoretical approach to prognostication of the level of ecological safety of an area, by means of a balance model of city's ecosystem. Operating methods of evaluation of the level of environmental danger were proposed, as well as tehnogene capacity and technogene loads upon city's ecological system.

Keywords: ecological safety, city's ecosystem, technogene capacity, technogene area's load.

Постановка проблемы. Реализация стратегии экоразвития и обеспечение экологической безопасности промышленно ориентированных городов выдвигает дополнительные требования к нормативно-исследовательскому прогнозированию экологического состояний окружающей природной среды. Условием выполнения этих требований, является анализ уровней антропогенного и техногенного воздействия, критических (пороговых) режимов функционирования урбоэкосистем, возможности выполнения существующих нормативных требований к качеству природой среды. В связи с этим, существует актуальная потребность в разработке специальных методик количественной оценки экологической безопасности территорий, определения показателей техногенной и антропогенной нагрузки, нормативов экологической ёмкости и техноёмкости экосистем города.

Анализ последних исследований и публикаций. Научно-практические аспекты нормативного прогнозирования исследованы во многих научных работах известных отечественных и зарубежных ученых. Весомый вклад в исследование природоохранной деятельности внесли Л.Г. Мельник, Л.К. Пиния, Е.Н. Богачев, Б.И. Скурыдин, В.В. Тарасова, С.А. Кузнецов и др.

Цель статьи – разработать методику определения уровня экологической ёмкости с помощью балансовой модели продуцирования и утилизации загрязнений природной среды и уровня безопасности экосистемы промышленно развитого города.

Изложение основного материала. Оценка уровня экологической безопасности состоит в определении соотношения техноёмкости территории и техногенного загрязнения, наносимого

¹ д-р техн. наук, профессор, Приазовский технический государственный университет, г. Мариуполь

² канд. техн. наук, доцент, Приазовский технический государственный университет, г. Мариуполь

³ ст. преподаватель, Приазовский технический государственный университет г. Мариуполь

природной среде промышленными объектами, расчета коэффициента опасности экосистемы. Одним из способов такой оценки, является создание балансовой модели «Потребление – Воспроизводство» вещества и энергии, позволяющей определение величины воздействия на экосистему и прогнозирование граничных условий ее устойчивости. В соответствии с этим, методика определения техноёмкости территории города (разработана Т.А. Акимовой и В.В. Хаскиным [1]), сводится к расчету основных продукционных функций экосистемы и естественного уровня колебаний ее экологически значимых параметров. Превышение этого уровня происходит вследствие техногенных воздействий в достигшей предела устойчивости экосистеме города, и может привести к ее деградации. Принимая данный подход в качестве базового и учитывая то, что величина экологической техноёмкости (T_i) составляет часть общей экологической ёмкости территории города (E_i), определим ее по следующему алгоритму:

1. Экологическая техноёмкость экосистемы города, усл. т/год:

$$T_i = \sum_{n=1}^n E_i \cdot X_i, \quad (1)$$

где T_i – экологическая техноёмкость урбоэкосистемы, усл.т/год;

E_i – экологическая ёмкость атмосферы, гидросферы, литосферы ($i=1,2,3$) усл.т/год;

X_i – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде, ед.

При расчете экологической ёмкости среды экосистемы города в базовой методике [1] используются эмпирические величины экологически значимых параметров в каждой среде. Авторы методики не обосновали значения данных параметров. С целью устранения неточности в расчетах экологической ёмкости среды предложено усовершенствование методики, введение дополнительных расчетов данных параметров.

2. Экологическая ёмкость атмосферного воздуха рассчитывается по объему воспроизводства кислорода атмосферы, как основного параметра интенсификации биотических процессов естественного разложения загрязнений и определяется по формуле:

$$E_1 = V_1 \cdot C_1 \cdot F_1, \quad (2)$$

где $V_1 = S_T \cdot h_z$ – экстенсивный параметр, определяемый размером территории города, где $h_z = 0,05$ – приведенная высота слоя воздуха, подвергающегося техногенному загрязнению, для городской застройки, с учетом высоты зданий и холмистого рельефа;

F_1 – скорость кратного обновления массы кислорода в атмосфере, год⁻¹.

C_1 – содержание кислорода в атмосферном воздухе, т/км³;

Общее воспроизводство кислорода рассчитывается как сумма воспроизводства в разрезе биогеоценозов экосистемы города по методике В.В. Владимирова [3].

$$\tilde{N}_1 = \sum_{n=1}^n S_n^{\text{био}} \cdot Y_n, \quad (3)$$

где S_n – площадь n -го биоценоза на территории, км²;

Y_n – ежегодное производство кислорода n -м растительным сообществом, т/км².

3. Расчет экологической ёмкости гидросферы ($i=2$) и литосферы ($i=3$) определяется согласно формуле:

$$E_i = V_i \cdot C_i \cdot F_i, \quad (4)$$

Здесь V_i – экстенсивный параметр, определяемый размером экосистемы: объемом поверхностных водотоков, км³, площади биогеоценозов, км²; F_i – скорость кратного обновления объема воды и биомассы соответственно, год⁻¹; C_i – содержание или концентрация главных экологически значимых субстанций в водной среде или литосфере, т/км² или т/км³.

Для водных объектов (V_2) рассчитывается как среднегодовой расход воды в створе рек, входящих в территорию города в тыс. км³. Для земной поверхности (V_3) равен общей территории города, тыс. км².

Для водной среды (на надорганизменном уровне), параметр (C_2), оценивается из баланса продукционно-деструкционных процессов характеризующихся изменением pH , приведенным к нормальному 100% насыщению воды кислородом – $pH_{100\%}$, зависящим (для биогенных факторов) от концентраций минеральных форм азота и фосфора и других химических соединений

[2]. Для литосферы (C_3) - плотность поверхностного распределения сухого вещества биомассы на территории города (принята с учетом коэффициента удельного озеленения территории).

Оценка техногенного воздействия на экосистему города (U_i) определяется по каждой выбранной среде загрязнения: атмосфера, гидросфера, литосфера ($i=1,2,3$).

4. Техногенное воздействие на атмосферу определяется по фактическому потреблению кислорода, используемому на нейтрализацию выбросов от стационарных и передвижных источников загрязнения.

Исходными данными для расчета служит анализ форм 2-ТП (воздух), 2-ТП (водгосп), №1 – (опасные отходы) городского Управления статистики.

От передвижных источников городского автотранспорта, загрязнения определяются по рассчитанному путем, по полям средних и максимальных концентраций вредных веществ в отработавших газах с учетом коэффициента рассеяния в приземных тепловых потоках [4].

Определяются суммарные годовые объемы поступления в атмосферу загрязняющих веществ $W_{n(i)}$, связывающие кислород. Наиболее распространенными из них являются – оксиды углерода ($j=1$), азота ($j=2$), сернистый ангидрид ($j=3$).

Годовой объем потребления кислорода на производственно-хозяйственные цели рассчитывается по формуле:

$$U_1 = \sum_{i=1}^n W_{1(i)} \cdot I_{\text{ож}} \cdot \delta_j \quad (5)$$

где U_1 – годовое количество потребления кислорода на промышленно-хозяйственные цели по основным загрязнителям (предприятиям и транспорту), усл.тыс.т;

$W_{1(j)}$ – годовое потребление кислорода каждым предприятием n -ой отрасли промышленности по j -му веществу, усл. тыс.т;

x_j – коэффициент перевода в условные объемы потребляемого кислорода, в зависимости от молярных масс. Для окиси углерода 0.571, окиси азота 0,696, сернистого ангидрида 0.5 [2].

$I_{\text{ож}}$ – индивидуальный индекс загрязнения для j -го вещества в воздушной среде.

Авторами предложено при определении годовых уровней ($W_{n(i)}$) загрязнения от n -го источника для промышленных (газообразных, жидких, твердых), а также бытовых отходов учитывать их комплексные индексы загрязнений. Для атмосферы рассчитывается ($I_{\text{за}}$) - относительная опасность примесей, и их токсичность:

$$I_{\text{за}} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\bar{C}_j}{\bar{C}_{\text{ПДК}_{\text{с.с.},j}}} \right)^{a_j} \quad (6)$$

где $\text{ПДК}_{\text{с.с.},j}$ - предельно допустимая среднесуточная концентрация вещества, мг/м³;

\bar{C}_j - средняя концентрация j -го вещества в данной среде, мг/м³;

a_j – коэффициент приведения степени вредности вещества к степени вредности диоксида серы, зависящая от класса опасности загрязняющего вещества [3].

5. Техногенное воздействие на поверхностные водоемы характеризуется объемом воды необходимым для разбавления вредных веществ (рассматриваются, как жидкие отходы) загрязненных стоков до их ПДК, в водоемах рыбохозяйственного значения, а также объемом безвозвратного водопотребления. Суммарный годовой объем воды необходимый для «компенсации» загрязнений:

$$U_2 = V_n I_2(j) + V_6 \quad (7)$$

Здесь U_2 – уровень загрязнения поверхностных водоемов урбоэкосистемы, выраженный в усл.т./год чистой воды потребной для разбавления стоков; V_n - объем загрязненного стока n -го предприятия, тыс. м³; $I_2(j)$ – индивидуальный индекс загрязнения для j -го вещества максимально опасного загрязнителя в стоке. (ПДК загрязнителя в водоеме рыбохозяйственного назначения), мг/л; V_6 - объем безвозвратного водопотребления, тыс. м³.

6. Техногенная нагрузка на литосферу (U_3) рассчитывается на основе определения степени истощения земельного фонда, т.е. снижения биопродуктивности экосистемы за счет изъятия территории. Определяется суммарная площадь земли, где биопродуктивность нарушена в результате хозяйственной деятельности и имеет суммарный показатель загрязнения грунтов $Z_C = 32-128$ и более (категория загрязнения опасная и очень опасная для населения), террито-

рий підприємств для складирования токсичных отходов, площадей с загрязнением грунта в жилых районах (мест накопления бытовых отходов) [2]

$$U_3 = \sum_{j=1}^j S_{ie} \cdot Z_{Cj}, \quad (8)$$

где S_{ie} – площадь территории города с нарушением или отсутствием биоценоза, км²;
 Z_{Cj} – показатель суммарного химического загрязнения грунтов, определяется как:

$$Z_{Cj} = \left(\sum_{j=1}^j K_{Cj} \right) - (n-1), \quad (9)$$

где K_{Cj} – коэффициент концентрации элемента, $K_{Ci} = C_j / \text{ПДК}_j$;
 n – число химических элементов с $K_C > 1$.

7. При расчете уровня экологической безопасности территории проводится соизмерение техногенной нагрузки на территорию (U_i) и ее экологической техноёмкости (T_i). Коэффициентом опасности ($\mathcal{O}_{оп}$) определяется по каждой выделенной среде загрязнения:

$$\mathcal{Y}_{ii} = \frac{U_i}{T_i} \quad (10)$$

По представленной методике выполнен расчет на примере г. Мариуполя.

Экологическая техноёмкость для трех контролируемых сред – атмосфере, водным объектам и почве составила соответственно: $T_1 = 1414 \times 10^9 \cdot 3 \times 10^{-6} = 4242,6 \times 10^3$ усл.т/год; $T_2 = 2,7 \times 10^9 \cdot 4,0 \times 10^{-5} = 109,2 \times 10^3$ усл.т/год; $T_3 = 198,6 \times 10^3 \cdot 0,05 = 9900$ усл.т/год.

Техногенное воздействие по каждой выделенной среде: $U_1 = 1602,5 \times 10^3$ усл.т/год; $U_2 = 4205,8 \times 10^4$ усл.т/год; $U_3 = 4059$ усл.т/год.

Показатель коэффициента опасности по (10): $K_1 = 0,4$; $K_2 = 116$; $K_3 = 2,41$

Для случая сводной оценки уровня безопасности всей территории города вычисляется интегральный коэффициент экологической опасности, как сумма средовых коэффициентов опасности с учетом доли, определяющей ценность каждой экосистемы. По полученному значению проводят ранжирование состояния экосистемы [3].

Интегральный коэффициент экологической опасности для природной среды г. Мариуполя составил: $K_{оп} = 0,4 \times 0,31 + 116 \times 0,33 + 2,41 \times 0,38 = 39,3$

Полученные расчетные значения по водной среде и почве значительно превышают экологическую техноёмкость экосистемы города и соответствуют состоянию «экологического кризиса» [2], что необходимо учитывать при составлении региональных и городских экологических программ и проектов в области охраны природы и природопользования.

Выводы

Представленная методика определения уровня экологической ёмкости, расчетных нормативов техноёмкости и техногенной нагрузки с помощью балансовой модели продуцирования и утилизации загрязнений природной среды, позволяет производить оперативный анализ экологической безопасности экосистемы города как единой техно-социо-природной системы.

Список использованных источников:

1. Акимов Т.А. Экология природа-человек-техника. / Т.А. Акимов, А.П. Кузьмин, В.В.Хаскин / Под ред. А.П. Кузьмина.- М.: ЮНИТИ, 2001.- 318 с.
2. Тарасова В.В. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище / Тарасова В.В., Малиновский А.С., Рыбак М.Ф. / заг. ред. В.В. Тарасової. Навч. посібник.- К.: Центр учбової літератури, 2007. – 276 с.
3. Владимиров В.В.и др. / Руководство по охране окружающей среды в районной планировке. / Владимиров В.В.и др.-М.:Стройиздат, 1986 -160 с.
4. Волошин В.С. Характер рассеяния атмосферных загрязнений в районе магистральных перекрестков урбосистем/ Волошин В.С., Елистратова Н.Ю. //Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Сб.науч.тр./ УкрННІЕП. –Харьков,2010. - Вип.№ 3. – С. 120-123.

Рецензент: Маслов В.А.
 д-р техн. наук, проф., ПГТУ.

Статья поступила 16.04.2010